

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-225017

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月21日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 2 J 15/00

H 0 2 J 15/00

A

B 6 0 L 11/16

B 6 0 L 11/16

F 1 6 H 33/02

F 1 6 H 33/02

A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-18136

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月31日

(71) 出願人 000001247

光洋精工株式会社

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

(72) 発明者 行竹 康博

大阪市中央区南船場3丁目5番8号 光洋

精工株式会社内

(72) 発明者 高畑 良一

大阪市中央区南船場3丁目5番8号 光洋

精工株式会社内

(72) 発明者 江口 正二

大阪市中央区南船場3丁目5番8号 光洋

精工株式会社内

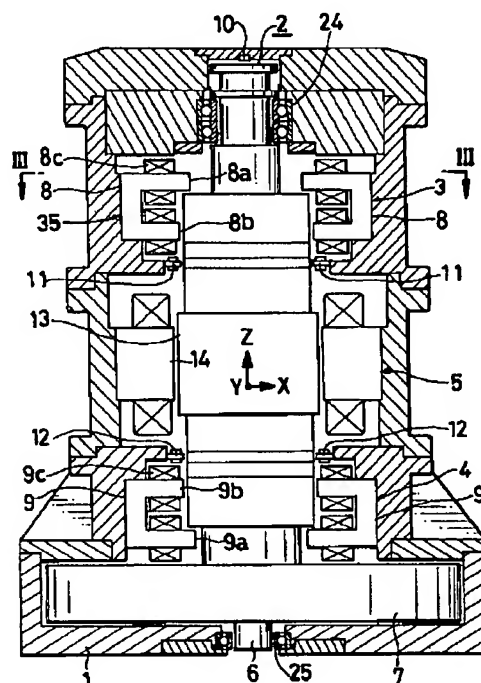
(74) 代理人 弁理士 岸本 瑛之助 (外3名)

(54) 【発明の名称】 フライホイール式電力貯蔵装置

(57) 【要約】

【課題】 フライホイール式電力貯蔵装置の小型化、軽量化および回転体の高速化ならびに消費電力の低減を図る。

【解決手段】 フライホイール式電力貯蔵装置は、フライホイール7を有する回転体2と、回転体を非接触支持するための磁気軸受装置35と、電力貯蔵時に電動機として電力取出し時に発電機として機能する発電兼用電動機5とを備えている。磁気軸受装置は、回転体の軸方向の2箇所を非接触支持する2組の磁気軸受3、4を備え、各磁気軸受が回転体の周囲に配置された4個の電磁石8、9を備えている。各電磁石は軸方向の2箇所から径方向の内側に突出した径方向磁極8b、9bおよび軸方向磁極8a、9aを有する略馬蹄形のものであり、径方向磁極が回転体の外周面に対向して回転体を径方向に吸引し、軸方向磁極が回転体の軸方向を向く面に対向して回転体を軸方向に吸引する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】フライホイールを有する回転体と、前記回転体を非接触支持するための磁気軸受装置と、電力貯蔵時に電動機として電力取出し時に発電機として機能する発電兼用電動機とを備えているフライホイール式電力貯蔵装置において、

前記磁気軸受装置が前記回転体の軸方向の2箇所を非接触支持する2組の磁気軸受を備え、前記各磁気軸受が前記回転体の周囲に配置された3個または4個の電磁石を備え、前記各電磁石が軸方向の2箇所から径方向の内側に突出した径方向磁極および軸方向磁極を有する略馬蹄形のものであり、前記径方向磁極が前記回転体の外周面に対向して前記回転体を径方向に吸引し、前記軸方向磁極が前記回転体の軸方向を向く面に対向して前記回転体を軸方向に吸引するようになされていることを特徴とするフライホイール式電力貯蔵装置。

【請求項2】前記各磁気軸受において、前記全電磁石の前記径方向磁極が同一の極性を有し、前記軸方向磁極がこれと逆の同一の極性を有することを特徴とする請求項1のフライホイール式電力貯蔵装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、電気自動車などに使用されるフライホイール式電力貯蔵装置に関する。

【0002】

【従来の技術】フライホイール式電力貯蔵装置は余剰電力をフライホイールの回転運動エネルギーに変換して貯蔵するものであり、フライホイールを有する回転体が発電兼用電動機により高速回転させられるようになっている。回転体は、高速回転するため、磁気軸受装置などの非接触型の軸受装置で支持されることが多い。従来の磁気軸受装置は、回転体の軸方向の2箇所を径方向（ラジアル方向）に非接触支持する2組のラジアル磁気軸受と、回転体を軸方向（アキシャル方向）に非接触支持する1組のアキシャル磁気軸受とを備えている。通常、各ラジアル磁気軸受は4個の電磁石より、アキシャル磁気軸受は2個の電磁石より構成され、磁気軸受装置全体で10個の電磁石が使用されている。

【0003】とくに電気自動車に搭載される電力貯蔵装置の場合、装置の小型化、軽量化を図り、回転体を高速で回転させ、しかも消費電力を低減することが望ましいが、従来の装置では、これが困難である。すなわち、従来の装置では、上記のように、回転体の軸方向の3箇所に磁気軸受が設けられるため、回転体が長くなり、その分、装置が大型化、重量化する。しかも、回転体が長くなるため、その固有振動数が低下し、高速回転が困難になる。また、磁気軸受装置全体で10個の電磁石が使用されるため、これらの消費電力が大きく、重量も重くなる。さらに各電磁石にそれぞれ電力増幅器が必要であるため、これらの消費電力も大きい。

【0004】ラジアル磁気軸受には、3個の電磁石より構成されるものもあるが、その場合でも、磁気軸受装置全体で8個の電磁石が必要であり、やはり、上記と同様の問題がある。

【0005】電磁石の数を少なくした磁気軸受装置として、回転体の軸方向の2箇所に軸方向に関して互いに反対側を向くテーパ面が形成され、これら各テーパ面の周囲に、回転体をテーパ面と直交する方向に吸引する4個あるいは3個の電磁石を有するアキシャル・ラジアル兼用磁気軸受が設けられたものが提案されている。

【0006】この磁気軸受装置の場合、全体の電磁石の数は8個あるいは6個ですむ。しかし、精度の高いテーパ面を形成する必要があるため、回転体に格別の加工が必要になる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】この発明の目的は、上記の問題を解決し、装置の小型化、軽量化および回転体の高速化ならびに消費電力の低減が可能なフライホイール式電力貯蔵装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段および発明の効果】この発明によるフライホイール式電力貯蔵装置は、フライホイールを有する回転体と、前記回転体を非接触支持するための磁気軸受装置と、電力貯蔵時に電動機として電力取出し時に発電機として機能する発電兼用電動機とを備えているものにおいて、前記磁気軸受装置が前記回転体の軸方向の2箇所を非接触支持する2組の磁気軸受を備え、前記各磁気軸受が前記回転体の周囲に配置された3個または4個の電磁石を備え、前記各電磁石が軸方向の2箇所から径方向の内側に突出した径方向磁極および軸方向磁極を有する略馬蹄形のものであり、前記径方向磁極が前記回転体の外周面に対向して前記回転体を径方向に吸引し、前記軸方向磁極が前記回転体の軸方向を向く面に対向して前記回転体を軸方向に吸引するようになされていることを特徴とするものである。

【0009】磁気軸受が、回転体の外周面に対向してこれを径方向に吸引する径方向磁極と、回転体の軸方向を向く面に対向してこれを軸方向に吸引する軸方向磁極とを有するものであるから、1組の磁気軸受で回転体を径方向にも軸方向にも吸引することができ、したがって、2組の磁気軸受で回転体を非接触支持することができる。このため、磁気軸受装置全体に必要な電磁石の数は、各磁気軸受が4個の電磁石を備えている場合は8個、各磁気軸受が3個の電磁石を備えている場合は6個であり、いずれの場合も、従来より2個少なくなる。電磁石の数の減少に伴って電力増幅器の数も減少し、これらの重量が軽くなり、消費電流が低減する。また、回転体の軸方向の2箇所だけに磁気軸受を設ければよいので、回転体も短くなり、重量が減少する。しかも、回転体が短くなることにより、その固有振動数が高くなり、

回転体の高速回転が可能になる。

【0010】このように、この発明によれば、装置の小型化、軽量化および回転体の高速化ならびに消費電力の低減が可能である。また、回転体に格別の加工を必要とせず、従来仕様の回転体を用いてその軸長のみ短くすることができる。

【0011】好ましくは、前記各磁気軸受において、前記全電磁石の前記径方向磁極が同一の極性を有し、前記軸方向磁極がこれと逆の同一の極性を有する。

【0012】このようにすれば、径方向磁極に面する回転体の周囲の磁束の変化が小さくなり、したがって、回転により回転体の表面に生じる渦電流が小さくなり、回転損失が小さくなる。軸方向磁極の部分についても同様であり、磁気軸受装置による回転損失が小さくなり、電力貯蔵効率が高くなる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明を電気自動車用の電力貯蔵装置に適用した実施形態について説明する。

【0014】図1は電気自動車の主要部の電氣的構成の1例を示している。

【0015】電気自動車には、車輪駆動用電動機(30)、直流を交流に変換して電動機(30)を駆動するインバータ(31)、フライホイール式電力貯蔵装置(32)、ならびにインバータ(31)および電力貯蔵装置(32)を制御するための電力制御装置(33)などが設けられている。電力制御装置(33)は車輪駆動用電動機(30)や電力貯蔵装置(32)などを駆動するための蓄電池を備えており、必要に応じて外部の充電用電源(34)に接続されるようになっている。

【0016】電力貯蔵装置(32)の1例が図2に概略的に示され、その主要部の構成が図3に示されている。

【0017】電力貯蔵装置は、上下に比較的長い鉛直円筒状のハウジング(1)、ならびにハウジング(1)内に配置された鉛直軸状の回転体(2)、磁気軸受装置(35)および発電兼用の永久磁石形同期電動機(5)を備えている。

【0018】以下の説明において、回転体(2)の軸方向の軸(鉛直軸)をZ軸、Z軸と直交する1つの径方向の軸(水平軸)をX軸、Z軸およびX軸と直交する他の径方向の軸(水平軸)をY軸とする。

【0019】ハウジング(1)は複数の部品を結合することにより一体状に形成されており、大部分を占める中間部の内径に比べ、上端部の内径は小さく、下端部の内径は大きくなっている。また、ハウジング(1)の内部は、風損を防ぐため、図示しない適当な手段によりたとえば 10^{-1} 〜 10^{-3} Torr程度の真空状態に保持されるようになっている。

【0020】回転体(2)は、ハウジング(1)内の中心に同心状に配置されている。回転体(2)は鉛直状の軸(6)と複数の部品を結合することにより一体状に形成され、ハウジング(1)の中間部内に位置する回転体(2)の中間

部の外径は、上部および下部に比べて大きくなっている。回転体(2)の下端近傍に、ハウジング(1)の大径の下端部の内側に位置するフライホイール(7)が固定されている。フライホイール(7)は、余剰電力を回転運動エネルギーとして貯えておくためのものである。

【0021】磁気軸受装置(35)は、回転体(2)の径方向(X軸およびY軸方向)および軸方向(Z軸方向)の位置を制御して回転体(2)を非接触状態に支持するためのものであり、上下2組の磁気軸受(3)(4)、変位センサ(10)(11)(12)および磁気軸受制御装置(36)を備えている。

【0022】磁気軸受(3)(4)は、ハウジング(1)の中間部内の上下2箇所(13)に設けられている。上部磁気軸受(3)は、回転体(2)をX軸方向の両側から挟むようにハウジング(1)内に固定されて回転体(2)をZ軸方向の上側およびX軸方向の両側(外側)に吸引する1対のX軸方向電磁石(8)と、回転体(2)をY軸方向の両側から挟むようにハウジング(1)内に固定されて回転体(2)をZ軸方向の上側およびY軸方向の両側に吸引する1対のY軸方向電磁石(37)とを備えている。下部磁気軸受(4)は、同様に、回転体(2)をZ軸方向の下側およびX軸方向の両側に吸引する1対のX軸方向電磁石(9)と、回転体(2)をZ軸方向の下側およびY軸方向の両側に吸引する1対のY軸方向電磁石(図示略)とを備えている。

【0023】上部磁気軸受(3)の各X軸方向電磁石(8)は、軸方向の2箇所からX軸方向の内側に突出した1対の磁極(8a)(8b)を有する略馬蹄形をなし、これらの磁極(8a)(8b)に電機導線(コイル)(8c)が巻回されている。上側の軸方向磁極(8a)は、下側の径方向磁極(8b)よりも内側に突出している。径方向磁極(8b)は、回転体(2)の大径の中間部の上端近傍の外周面にわずかな空隙をあけて対向し、回転体(2)をX軸方向の外側に吸引する。軸方向磁極(8a)は、回転体(2)の中間部の上端の上向きの環状端面の上方に張り出して、この端面とわずかな空隙をあけて対向し、回転体(2)をZ軸方向の上側に吸引する。上部磁気軸受(3)の各Y軸方向電磁石(37)も、X軸方向電磁石(8)と同じ構成を有し、同様の働きをする。図3には、Y軸方向電磁石(37)の軸方向磁極を符号(37a)で、径方向磁極を符号(37b)で、電気導線を符号(37c)で表わしている。上部磁気軸受(3)の全電磁石(8)(37)の軸方向磁極(8a)(37a)は同一の極性を有し、径方向磁極(8b)(37b)はそれと逆の同一の極性を有する。下部磁気軸受(4)の各X軸方向電磁石(9)は、軸方向の2箇所からX軸方向の内側に突出した1対の磁極(9a)(9b)を有する略馬蹄形をなし、これらの磁極(9a)(9b)に電機導線(9c)が巻回されている。下側の軸方向磁極(9a)は、上側の径方向磁極(9b)よりも内側に突出している。径方向磁極(9b)は、回転体(2)の大径の中間部の下端近傍の外周面にわずかな空隙をあけて対向し、回転体(2)をX軸方向の外側に吸引する。軸方向磁極(9a)は、回転体(2)の中間部の下端の下向きの環状端面の下方に張り出し

て、この端面とわずかな空隙をあけて対向し、回転体(2)をZ軸方向の下側に吸引する。下部磁気軸受(4)の各Y軸方向電磁石も、X軸方向電磁石(9)と同様の構成および働きを有する。下部磁気軸受(4)の全電磁石(9)の軸方向磁極(9a)は同一の極性を有し、径方向磁極(9b)はそれと逆の同一の極性を有する。

【0024】ハウジング(1)内の適当箇所、たとえば上端部に、回転体(2)の軸方向の変位を検出するためのアキシャル変位センサ(10)が設けられている。上部磁気軸受(3)の近傍に、回転体(2)上部の径方向の変位を検出するための2対のラジアル変位センサ、すなわち、回転体(2)をX軸方向の両側から挟むようにハウジング(1)に固定されて回転体(2)のX軸方向の変位を検出する1対のX軸方向変位センサ(11)と、回転体(2)をY軸方向の両側から挟むようにハウジング(1)に固定されて回転体(2)のY軸方向の変位を検出する1対のY軸方向変位センサ(図示略)とが設けられている。下部磁気軸受(4)の近傍に、同様に、回転体(2)下部のラジアル方向の変位を検出するための2対のラジアル変位センサ、すなわち、1対のX軸方向変位センサ(12)と、1対のY軸方向変位センサ(図示略)とが設けられている。

【0025】各磁気軸受(3)(4)の各電磁石(8)(9)および各変位センサ(10)(11)(12)は磁気軸受制御装置(36)に接続されており、この制御装置(36)から各電磁石(8)(37)(9)に励磁電流が供給される。磁気軸受制御装置(36)を駆動するための電力は、電力制御装置(33)の蓄電池から供給される。励磁電流は、定常電流、軸方向制御電流および径方向制御電流を合わせたものである。定常電流の値は一定であり、変位センサ(10)(11)(12)の出力信号によって変化しない。そして、制御装置(36)がアキシャル変位センサ(10)の出力信号に基づいて各磁気軸受(3)(4)の各電磁石(8)(37)(9)の軸方向制御電流の大きさを制御することにより、回転体(2)の軸方向の位置が制御され、ラジアル変位センサ(11)(12)の出力信号に基づいて各磁気軸受(3)(4)の各電磁石(8)(37)(9)の径方向制御電流の大きさを制御することにより、回転体(2)の径方向の位置が制御される。なお、回転体(2)は、通常、ハウジング(1)の中心に非接触支持される。

【0026】電動機(5)は、電力貯蔵時に電動機として電力取出し時に発電機として機能するものであり、上下の磁気軸受(3)(4)の間のハウジング(1)の中間部に設けられている。電動機(5)は、回転体(2)の大径の中間部の中間部分に固定されたロータ(13)と、その周囲のハウジング(1)の内周に固定されたステータ(14)とから構成されている。また、電動機(5)のステータ(14)は電動機制御装置(38)に接続され、電動機制御装置(38)は電力制御装置(33)に接続されている。電動機制御装置(38)には、直流を交流に変換して電動機(5)を電動機として駆動するインバータ、電動機(5)で発電された交流を直流に変換して電力制御装置(33)に供給するコンバータなど

が設けられている。

【0027】ハウジング(1)内の上端近傍および下端近傍に、磁気軸受(3)(4)による支持がなくなったときに回転体(2)を機械的に支持するためのタッチダウン軸受(24)(25)が設けられている。

【0028】上記の電気自動車において、電力貯蔵装置(32)に電力を貯蔵するときには、電力制御装置(33)が外部の充電用電源(34)に接続される。すると、電源(34)から供給される電力により、電力制御装置(33)の蓄電池が充電され、蓄電池により磁気軸受制御装置(36)が駆動されて、磁気軸受(3)(4)により回転体(2)が非接触支持される。このとき、電力制御装置(33)は電動機(5)を電動機として機能させ、蓄電池により電動機制御装置(38)のインバータを介して電動機(5)を駆動する。これにより、回転体(2)が回転させられ、蓄電池から供給される電力が回転体(2)のフライホイール(7)の回転運動エネルギーに変換されて貯蔵される。電力制御装置(33)の蓄電池が十分に充電され、回転体(2)の回転数が所定の値まで上昇すると、電力制御装置(33)が電源(34)から切離され、その状態で電気自動車が運転される。運転中は、電力制御装置(33)の蓄電池により、車輪駆動用電動機(30)や図示しない他の電気機器が駆動される。また、電力制御装置(33)は電動機(5)を発電機として機能させ、必要に応じ、電動機(5)で発電された電力を電動機制御装置(38)のコンバータを介して電力制御装置(33)の蓄電池に供給し、これを充電する。そして、回転体(2)の回転数がある程度低下したならば、上記のように、電力制御装置(22)が充電用電源(34)に接続され、蓄電池の充電および電力貯蔵装置(32)の電力貯蔵が行われる。

【0029】上記の電力貯蔵装置(32)では、磁気軸受装置(36)の磁気軸受(3)(4)が1組で回転体(2)を径方向にも軸方向にも吸引できるものであるから、2組の磁気軸受(3)(4)の合計8個の電磁石(8)(37)(9)で回転体(2)を非接触支持することができ、従来の同種の磁気軸受装置に比べ、電磁石の数が2個減少し、これに伴い電磁石を駆動するための電力増幅器の数も減少する。このため、装置の小型化ができ、重量および消費電力が減少する。また、回転体(2)の周囲に2組の磁気軸受(3)(4)を設けるだけでよいと、3組の磁気軸受が必要な従来のものに比べ、回転体(2)の長さを短くすることができ、したがって、回転体(2)の固有振動数を高めて、高速回転させることが可能である。

【0030】従来の磁気軸受装置のラジアル磁気軸受では、回転体の周方向の2箇所から径方向の内側に突出した1対の磁極を有する略馬蹄形の電磁石がよく用いられ、これが周方向に4個並べられる。その場合、各電磁石の1対の磁極は互いに逆の極性を有し、回転体の回転方向に逆の極性の磁極が4つずつ並ぶことになる。このため、回転により回転体の表面に渦電流が発生し、それによる回転損失が大きい。これに対し、上記の電力貯蔵

装置(32)では、各磁気軸受(3)(4)において、全電磁石(8)(37)(9)の径方向磁極(8b)(37b)(9b)が同一の極性を有し、軸方向磁極(8a)(37a)(9a)がこれと逆の同一の極性を有するので、径方向磁極(8b)(37b)(9b)に面する回転体(2)の周囲の磁束の変化および軸方向磁極(8a)(37a)(9a)に面する回転体(2)の周囲の磁束の変化がともに小さくなり、したがって、回転により回転体(2)の表面に生じる渦電流が小さくなり、回転損失が小さくなる。このため、装置(32)の電力貯蔵効率が高くなる。

【0031】図4は、上記の電力貯蔵装置(32)をハイブリッド型電気自動車に適用して実施形態を示している。

【0032】この場合、自動車には、上記と同様の車輪用電動機(30)、インバータ(31)、電力貯蔵装置(32)、電力制御装置(33)の他に、ガソリンエンジンなどのエンジン(39)、およびエンジン(39)の回転により駆動される発電機(40)が設けられている。

【0033】上記の自動車において、走行中は、エンジン(39)が回転し、これにより発電機(40)が駆動され、発生した電力が電力制御装置(33)に供給されて、蓄電池が充電されるとともに、車輪駆動用電動機(30)や他の電気機器が駆動される。そして、大きな電力を使用していないときには、電力制御装置(33)が電動機(5)を電動機として機能させ、発電機(40)からの余剰電力を電動機制御装置(38)のインバータ(31)を介して電動機(38)に供給し、回転体(2)を駆動させて電力を貯蔵する。また、停車中などには、エンジン(39)を停止させておくことができる。逆に、大きな電力が必要なときには、電力制御装置(33)は電動機(5)を発電機として機能させ、電動機(5)で発電された電力を電動機制御装置(38)のコンバータを介して取出し、この電流と蓄電池により車両駆動用電動機(30)などを駆動する。他は、前記実施形態と同様である。

【0034】この実施形態の場合、余剰電流を電力貯蔵装置(32)に貯蔵し、大きな電流が必要ときには電力貯蔵装置(32)から電流を取出して使用することができるので、エンジン(39)を低出力のものにすることができる。

【0035】上記実施形態では、各磁気軸受(3)(4)が回転体(2)の周囲に円周方向に等間隔をおいて配置された4個の電磁石(8)(37)(9)を備えているが、磁気軸受は回転体の周囲に円周方向に等間隔をおいて配置された3個の電磁石を備えたものであってもよい。その場合も、従来の同種の磁気軸受装置に比べて、電磁石の数が2個減少する。

【0036】電気自動車の構成、電気自動車における電力貯蔵装置の使用態様などは、上記実施形態のものに限らず、適宜変更可能である。

【0037】また、電力貯蔵装置の各部の構成も、上記実施形態のものに限らず、適宜変更可能である。

【0038】さらに、この発明は、電気自動車用以外の電力貯蔵装置にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、この発明の実施形態を示す電気自動車の主要部の電気ブロック図である。

【図2】図2は、フライホイール式電力貯蔵装置の概略縦断面図である。

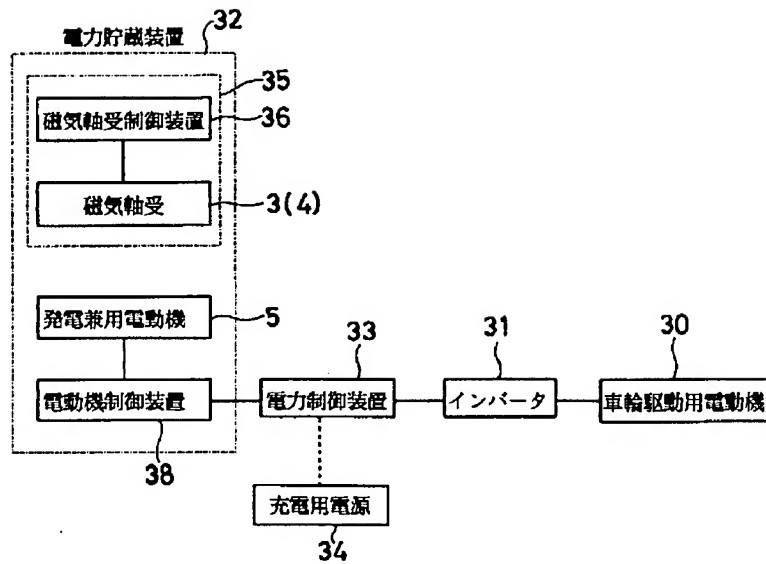
【図3】図3は、図2のIII-III線に沿う拡大断面図である。

【図4】図4は、この発明の他の実施形態を示す電気自動車の主要部の電気ブロック図である。である。

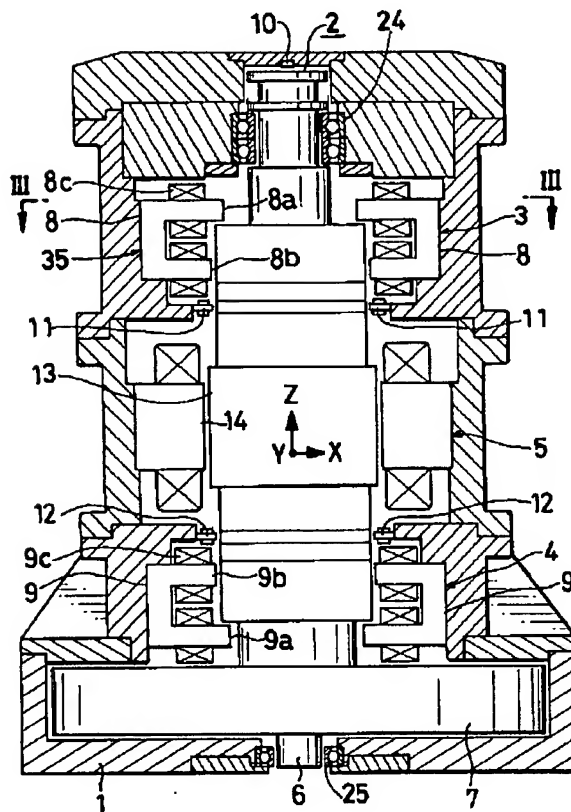
【符号の説明】

(2)	回転体
(3)(4)	磁気軸受
(5)	発電兼用の永久磁石型同期電動機
(7)	フライホイール
(8)(9)	X軸方向電磁石
(8a)(9a)	軸方向磁極
(8b)(9b)	径方向磁極
(32)	フライホイール式電力貯蔵装置
(35)	磁気軸受装置
(37)	Y軸方向電磁石
(37a)	軸方向磁極
(37b)	径方向磁極

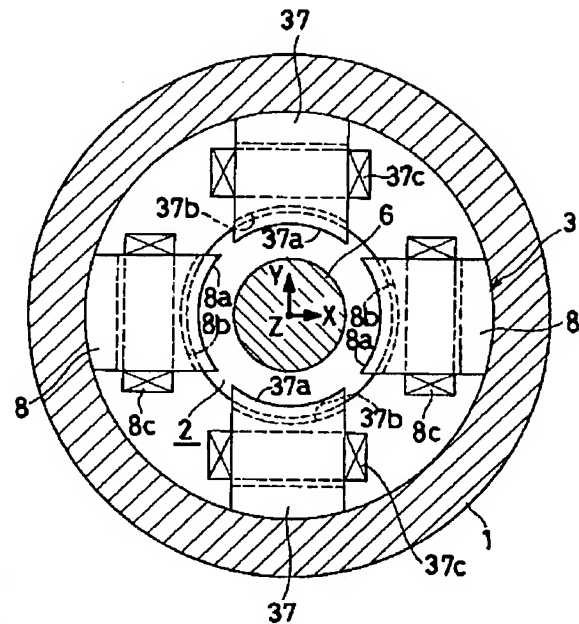
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

